

반복하중을 받는 콘크리트충전 각형강관 보-기둥의 거동

Behavior of Concrete-Filled Square Tubular Beam-Column under Cyclic Load

강 창 훈¹⁾ · 문 태 섭²⁾

Kang, Chang-Hoon Moon, Tae-Sup

요 약 : 본 연구는 콘크리트충전 각형강관(CFT) 기둥의 강도와 변형능력의 평가 및 내진성능에 대한 기초 자료의 제시를 목적으로 한다. 실험체는 초고층 건물의 최하단기둥의 응력분포를 가정하여 캔틸레버형 기둥으로 하고, 총 18개의 실험체가 일정 축력과 반복 횡하중 하에서 실험되었다. 본 실험에 적용된 주요변수는 강관의 폭/두께 비, 세장비(LO/D), 그리고 축력비이다. 각 변수가 기둥의 강도, 변형능력, 그리고 에너지 흡수능력에 미치는 영향이 기술되었고, 각국 규준식과 실험결과를 비교하였다. 분석결과, 피복형 한국강구조학회 규준은 합성 단면적과 탄성계수를 AIJ와 AISC-LRFD 수준으로 수정한다면, 충전형에도 적용가능 할 것으로 판단된다. 마지막으로, 구속효과를 고려하여 단면의 소성해석을 통하여 구한 B. Kato의 CFT 기둥의 휨내력 제안식은 실험결과와 좋은 대응을 나타내고 있다.

ABSTRACT : The purpose of this research is to evaluate the capacity of strength and plastic deformation of those members, and provide experimental data on the seismic behavior of these members as a basis for developing guidelines for designing seismically resistant concrete-filled steel tubular columns. Eighteen cantilever-type specimens were tested under constant axial load and cyclically lateral load as models of bottom columns in high-rise building. The parameters studied in the test program included, are width-thickness ratio of steel tube, slenderness ratio (Lo/D) and axial force ratio. From the test results, the effects of parameters on the strength, the deformation capacity, energy absorption capacity are discussed. The specimen flexural capacity under combined axial and lateral loading was found to be almost accurately predicted by criteria AIJ and AISC-LRFD providing conservative results. Therefore KSSC for encased composite column can be applied to the concrete filled column if composite section and elastic modulus are modified according to AIJ and AISC-LRFD. Finally, the proposed flexural capacity considering confinement effects is a good agreement on the tests results.

핵심용어 : 콘크리트충전 각형강관, 보-기둥, 반복하중, 축력

KEYWORDS : Concrete Filled Tube, Beam-Column, Cyclic Load, Axial Loading

1) 한양대학교 건축공학과 박사과정 수료
2) 한양대학교 건축공학과 교수, 포항제철(주) 석좌교수

본 논문에 대한 토의를 2001년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

콘크리트충전 각형강관(CFT) 구조는 많은 구조적 장점과 그에 대한 활발한 연구결과로 초고층 건물에의 적용이 확대되고 있다. CFT구조는 강관구조가 갖고 있는 많은 구조적 장점뿐만 아니라 다음과 같은 구조적 장점을 갖고 있다. CFT구조에서 강관은 콘크리트 타설시 거푸집 역할을 하고 충전콘크리트의 압괴를 지연시킴과 충전콘크리트를 구속하여 압축강도의 증가를 유발한다. 또한 충전콘크리트는 강관의 국부좌굴을 방지하여 철골 구조에 비해 상대적으로 얇은 강관의 사용을 가능하게 한다. 구조시스템의 관점에서 CFT구조의 장점은, 다양한 높이의 모멘트 저항 골조 시스템의 지진응답에 대한 Zhang과 Ricles⁹⁾의 연구결과로부터 얻을 수 있다. 그들은 CFT기둥-H형강 보 접합부를 갖는 모멘트저항 골조 시스템과 H형강 기둥-보 접합부를 갖는 시스템의 설계에 소요되는 강재량을 비교하여, 6층 골조에서는 14%정도, 24층 골조에서는 24%정도의 강재량을 절감할 수 있음을 보고하였다. 이러한 강재절감의 원인은 콘크리트의 충전으로 인한 기둥 강성의 증가이다. 이러한 강성의 증가는 강관의 두께를 줄일 수 있고 결국, 강재량을 감소시킬 수 있게 한다. 이와 더불어 콘크리트 충전 각형강관은 뛰어난 축과 휨 하중 전달능력, 뛰어난 전단저항 성능, 높은 연성과 에너지 흡수능력, 좌굴에 대한 더 큰 임계하중(즉, 높은 강성) 등 많은 장점을 가지고 있다. 하지만, 아직까지 국내에서는 CFT구조의 구조적 장점을 설계에 반영하고 있지 못하고 그에 대한 자료는 절대량이 부족한 실정이다. 본 연구는 CFT구조의 구조적 장점 중 충전콘크리트의 구속효과에 의한 강도상승을 고려한 모멘트-축력 상관 관계를 규명하고, 축력비, 세장비 그리고 폭-두께비를 변수로 CFT 보-기둥(beam-column)의 반복하중 실험을 실시한다. 또한 각국의 CFT 표준식과 실험결과를 비교하여 국내규준 제정시 요구되는 기초자료를 제시하고, 각 변수가 보-기

둥의 이력거동에 미치는 영향을 조사함을 본 연구의 목적으로 한다.

2. CFT Beam-Column 실험

2.1 실험체 계획

고층건축물의 최하단기둥은 상부에서 작용하는 하중, 즉 중력하중을 가장 많이 부담하고, 지진과 바람과 같은 횡하중을 추가적으로 부담하기 때문에 가장 위험한(critical) 부재가 된다. 본 연구에서는 골조에 횡하중과 연직 하중이 동시에 작용하는 것을 가정하고 최하단기둥의 모멘트분포를 고려하여 그림 1과 같이, 일정 축력과 반복 횡하중을 받는 쉐일레버형 보-기둥을 연구대상으로 설정하였다. 표 1과 같이 18개의 쉐일레버형의 실험체가 계획되었고 실험변수는 다음과 같다.

- ① 세장비(폭·길이비, L_0/D) : 3, 6
- ② 폭/두께비 : 20.83, 27.78, 39.06
- ③ 축력비 : 0, 0.1, 0.3

표 1. 실험체 및 실험결과

실험체명	L_0/D	D/t	n	M_y	R_y	M_u	R_u
A3N-0	3	39.06	0	2.45	0.013	3.02	0.021
A3N-1			0.1	2.46	0.013	2.88	0.022
A3N-3			0.3	1.84	0.009	2.18	0.018
B3N-0		27.78	0	3.83	0.015	4.42	0.024
B3N-1			0.1	3.48	0.017	4.01	0.025
B3N-3			0.3	3.28	0.017	3.62	0.025
C3N-0		20.83	0	5.93	0.026	6.74	0.040
C3N-1			0.1	4.75	0.013	5.48	0.048
C3N-3			0.3	5.32	0.014	6.11	0.032
A6N-0	6	39.06	0	2.24	0.015	2.81	0.032
A6N-1			0.1	2.64	0.016	3.06	0.032
A6N-3			0.3	-	-	-	-
B6N-0		27.78	0	2.99	0.018	3.74	0.036
B6N-1			0.1	3.44	0.019	3.85	0.036
B6N-3			0.3	2.82	0.017	3.19	0.027
C6N-0		20.83	0	5.62	0.024	6.46	0.039
C6N-1			0.1	5.82	0.024	6.80	0.051
C6N-3			0.3	5.25	0.026	6.18	0.040

A3N-3

- ↳ 축력비 $n = N/N_0$ ($N_0 = A_c \cdot F_c + A_s \cdot \sigma_y$)
- ↳ 콘크리트 압축강도(N : $F_c = 235 \text{ kg/cm}^2$)
- ↳ 폭·길이비 L_0/D (L_0 : 실험체길이 D : 강관폭)
- ↳ 강관의 폭/두께비(A : 20.83, B : 27.78, C : 39.06)

각형강관의 크기는 □125×125이고, 강종은 SPSR400이다. 충전콘크리트의 압축강도는 235 kg/cm²로 계획하였다. 실험은 일정축력 하에서 횡하중을 반복적으로 점증시키는 방법으로 진행된다. 가력방법은 항복변위 δ_y 를 산정한 후, 점증 변위제어법을 사용하여, $\pm 0.5\delta_y$, $\pm 1\delta_y$, $\pm 2\delta_y$ 의 변위진폭으로 하고, 이 이후에는 2의 배수의 변위진폭으로 한다. 또한 L/D=3 실험체는 50mm, 그리고 L/D=6 실험체는 100mm에서 실험을 종료한다.

2.2 실험체 설치 및 측정 방법

실험체는 캔틸레버형으로 가력점은 자유단으로, 하부는 고정단으로 모델링하기 때문에, 횡력 Q에 의하여 δ 만큼의 횡변위가 생기면 고정단에는 $P \cdot \delta$ 만큼의 부가적인 모멘트가 발생한다. 따라서 수직 및 수평 오일잭에 연결된 로드셀로부터 입력된 하중은 실제 실험체에 작용하는 축력과 횡력과는 차이가 발생한다. 이러한 실험체의 변형을 고려하여 다음 그림 2와 같이 실제 실험체에 작용하는 축력 F_v , 횡력 F_h , 고정단모멘트 M 을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 F_v &= \sin(\theta + \beta) \cdot Q + \cos(\theta + \alpha) \cdot P \\
 F_h &= \cos(\theta + \beta) \cdot Q + \sin(\theta + \alpha) \cdot P \\
 M &= \{L \cdot \cos\beta - (\delta + H_h) \cdot \sin\beta\} \cdot Q \\
 &+ \{H_v \cdot \cos\alpha + (L + H_v) \cdot \sin\alpha\} \cdot P
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서,

- F_v : 도입축력, F_h : 도입횡력, M : 고정단에 작용하는 모멘트
- L_h : 수평 오일잭의 지점간 거리, L_v : 수직 오일잭의 지점간 거리
- H_h : 가력장치의 수평 지점거리, H_v : 가력장치의 수직 지점거리
- α : 수직 오일잭의 회전각, β : 수평 오일잭의 회전각
- R : 실험체의 회전각, Q : 수평 오일잭의 외력(횡력)
- P : 연직 오일잭의 외력(축력), L : 실험체의 길이

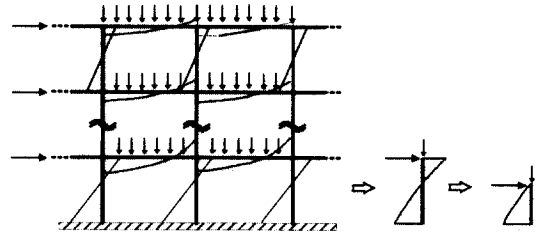


그림 1. 실험체의 모델링

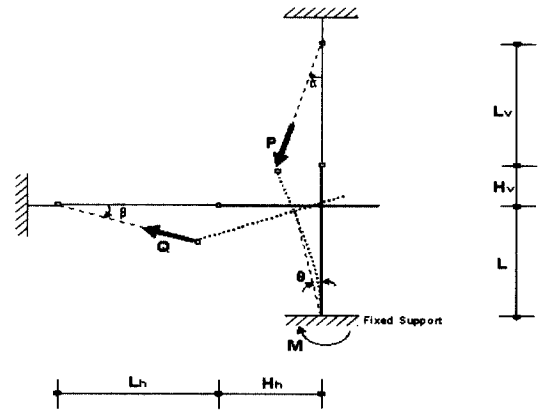


그림 2. 실험체에 작용하는 외력과 변형상태

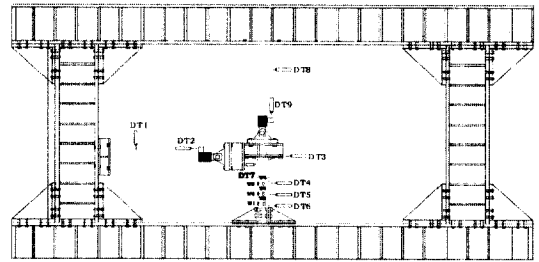


그림 3. 실험체의 설치상황

실험체의 설치상황을 그림 3에 나타내었고, 그림에서 D.T.는 변위계로서 1, 2, 3, 7, 8, 9는 (1)식에 의해 축력, 횡력, 고정단 모멘트를 구하기 위해 설치되었고, D.T. 4, 5, 6은 실험체의 횡변위 측정을 위해 설치되었다. Strain Gauge는 국부좌굴이 일어날 것이라 예상하는 실험체 길이의 1/4 지점과 실험체 단부와 중앙점에 6개가 설치되었다.

형($D/t=20.83$)은 $0.032\sim 0.051\text{rad}$.일 때 최대 휨모멘트에 도달하였다. 국부좌굴은 최대 휨모멘트에 도달함과 거의 동시에 발생하였다. 축력비가 0.3인 A6N-3실험체는 축력 도입시, 면외좌굴이 발생하여 조기에 파단된 실험체로 분석대상에서 제외하였다. 실험결과, 축력비가 증가할수록, 폭/두께비(D/t)가 증가할수록 실험체는 다소 불안정한 거동을 나타내고 있다.

3. 에너지 흡수능력

실험체의 변형능력을 파악하기 위하여 모멘트-회전각 상관관계에서 곡선내의 면적으로 에너지 흡수능력을 평가한다. 각각의 사이클에 대한 에너지를 평가하여 부재 전체의 에너지 흡수능력을 평가한다. 한 사이클에 대한 에너지 흡수량은 그림 7에서 빗금친 부분으로 정의하고 각 실험체의 누적에너지 흡수량을 그림 8에, 각 사이클별 에너지 흡수량을 그림 9에 나타내었다.

그림 8로부터, 에너지 흡수능력은 강관의 폭/두께비가 작을수록 에너지 흡수능력이 증가하고, 축력비가 커질수록 총에너지 흡수량이 감소하는데, 이것은 축력이 작용할 때 기둥 단부에서의 면외좌굴에 의해 생긴 국부좌굴에 의해 실험이 조기에 종료되었기 때문이라 사료된다.

그림 9에서, 축력비 0.3인 실험체는 면외좌굴에 의한 국부좌굴의 영향으로 실험을 조기에 종료하였기 때문에 에너지 흡수능력을 정량적으로 평가하기가 불가능하다. 하지만, 축력이 0.3인 실험체의 경우, 초기 6사이클까지의 에너지 흡수능력은 안정적이고, 에너지 흡수량이 축력비 0과 0.1인 실험체보다 많고, 에너지 흡수량의 큰 것으로 보아 시험을 종료한 이후의 거동에 대해서도 안정적인 거동을 할 것이라 사료된다.

누적에너지 흡수량은 $n=0.3 > n=0.1 > n=0$ 실험체 순서로, 축력비의 증가와 함께 증가하고, 또한 에너지 흡수 구배도 유사한 경향을 보

이고 있다. 이것은 축력이 없는 실험체에 비해서 축력을 가한 실험체는 $P-\delta$ 효과에 의한 부가적인 모멘트(secondary moment)로 인하여 축력이 없는 실험체보다 모멘트 값이 커지기 때문인 것으로 사료된다.

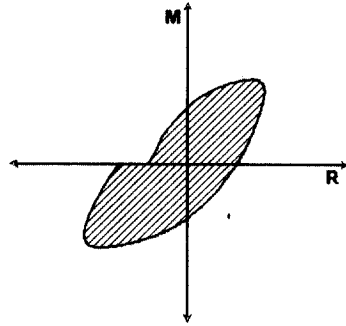


그림 7. 한 사이클에 대한 에너지 흡수량의 정의

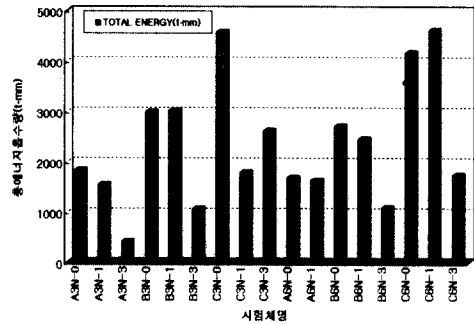


그림 8. 총 에너지 흡수량

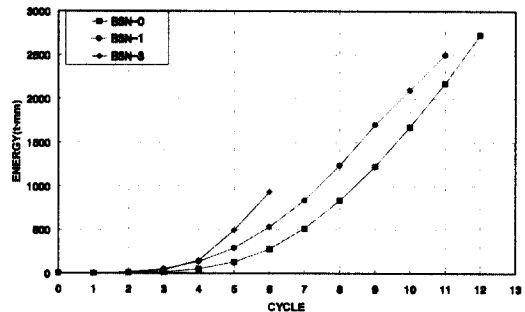


그림 9. B3 계열 실험체의 사이클별 누적에너지 흡수량

4. 각국 표준식과의 비교

외국의 표준은 미국(AISC-LRFD), 일본(AIJ)의 표준이며, 콘크리트충전 강관기둥에 대한 국내의 표준이 아직 마련되어있지 않기 때문에, 철근 콘크리트 기둥 단면 내에 압연형강 또는 용접형강 등이 매립되어 구성되는 매립형 합성기둥에만 적용되는 한국강구조학회(KSSC)의 표준식을 적용하여 충전형(CFT) 기둥에의 적용가능성을 검증하였다. AIJ 표준식은 강관구조설계 시공지침의 중국강도식을 적용하여 실험결과와 비교하였다. 각국의 설계법은 한국강구조학회(KSSC) 표준과 일본건축학회-강관구조설계 시공지침의 경우 허용응력설계법이고, AISC-LRFD은 한계상태 설계법이다. 실험결과와의 비교를 위하여 한국강구조학회 표준식과 일본건축학회 표준식에서는 안전율을 제거하고 AISC-LRFD에서는 저감계수를 제거한 식을 최대내력의 평가식으로 이용하였다.

그림 10에 각국 표준식과 대표적인 실험체를 비교하여 나타내었다. 분석결과, LRFD 내력식은 콘크리트의 영향을 지나치게 안전적인 측에서 평가하는 것으로 분석이 되며, 이것은 LRFD 설계식의 E_m 평가시 콘크리트의 탄성계수를 $0.4E_c$ 로 평가하는 것에서 기인하는 것으로 사료된다. AIJ 내력식은 실험치와 좋은 대응을 보이고 있는 데, 이는 기존의 연구결과⁴⁾ L_0/D (폭-길이비)가 12이하에서는 잘 일치한다는 연구 내용과 일치하고 있

다. 또한 한국강구조학회 매립형 표준식은 내력을 과소평가 하는 것으로 나타났다. 이것은 충전콘크리트부에 대한 내력평가지 한국강구조학회 매립형 표준식이 합성 단면적의 산정에서 $0.6F_c$ 를 취하고 있고, 합성탄성계수 산정에서 $0.2E_c$ 를 취하고 있기 때문에, LRFD의 콘크리트부에 대한 $0.85F_c$ 와 콘크리트 탄성계수 산정시의 $0.4E_c$, AIJ의 콘크리트부에 대한 $0.85F_c$ 와 콘크리트 탄성계수 산정시의 $0.2E_c$ 와 비교해볼 때 충전콘크리트부의 내력을 다소 과소 평가하는 것으로 생각된다. 따라서, 합성단면적과 합성탄성계수 계산시 앞서 언급한 충전콘크리트부에 대한 계수의 보정이 필요한 것으로 사료된다.

이상과 같이 한국강구조학회의 매립형 표준식을 부분적으로 수정 보완 한다면 충전형에도 적용 가능할 것으로 사료된다.

5. 이론해석

B. Kato⁸⁾가 제안한 콘크리트 유효압축강도 개념을 도입하여, 일정 축력을 받는 CFT기둥의 휨 내력식을 제안한다.

본 제안식에서는 실험결과, 최대 내력 이후의 내력의 급격한 감소가 없고, 감소 구배가 크지 않은 점으로 미루어 강관의 국부좌굴 후의 변형능력이 기대된다는 가정 하에 제안식을 유도한다.

5.1 강관, 콘크리트의 유효강도

B. Kato은 콘크리트 충전 강관 단주의 압축 실험결과를 기초로 하여 얻은 다음과 같은 예측식을 제안하였다.

$$(a) \left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c} \right) \left(\frac{E_c}{E_s} \right) > 1 \text{의 경우}$$

$$N_{max} = A_s \sigma_{cr} + A_c f_c \cdot \min \left[1 + \alpha \left(\frac{E_c}{E_s} \frac{\sigma_{cr}}{f_c} - 1 \right), \beta \right] \quad (2)$$

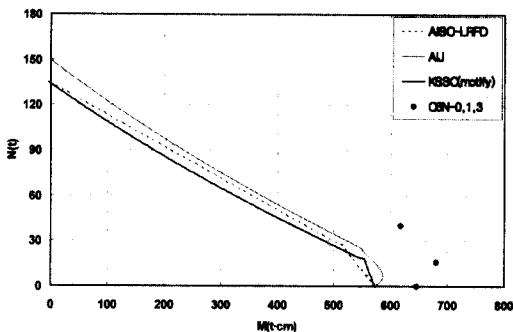


그림 10. 각국 표준식과의 비교

표 4. α, β 값

실험체	콘크리트 강도 (kg/cm ²)	폭/두께비 B/t	α	β
A	235	20.83	0.35	1.40
B		27.78	0.35	1.31
C		39.06	0.35	1.17

(b) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c}\right)\left(\frac{E_c}{E_s}\right) \leq 1$ 일 때

$$N_{max} = A_s \sigma_{cr} + A_c f_c \quad (3)$$

여기서, A_s : 강관의 단면적 (cm²)
 A_c : 콘크리트의 단면적, (cm²)
 E_s : 강관의 탄성계수 (=2100t/cm²)
 E_c : 콘크리트의 탄성계수 (t/cm²)
 σ_{cr} : 중공강관의 국부좌굴 강도(t/cm²)
 f_c : 콘크리트 1축 압축강도 (t/cm²)

강관, 콘크리트 각각에 대해서 B. Kato이 제안한 유효강도 $e\sigma$, $e f_c$ 의 개념을 도입하면 상기 식은 다음과 같이 변형된다.

$$N_{max} = A_s \cdot e\sigma + A_c \cdot e f_c \quad (4)$$

각 식의 $e\sigma$, $e f_c$ 의 값은 다음과 같다.

(a) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c}\right)\left(\frac{E_c}{E_s}\right) > 1$ 일 때,

$$e\sigma = \sigma_{cr}, \quad e f_c = f_c \cdot \min\left[1 + \alpha\left(\frac{E_c}{E_s} \frac{\sigma_{cr}}{f_c} - 1\right), \beta\right] \quad (5)$$

(b) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c}\right)\left(\frac{E_c}{E_s}\right) \leq 1$ 일 때,

$$e\sigma = \sigma_{cr}, \quad e f_c = f_c \quad (6)$$

위의 $e f_c$ 는 강관의 구속에 따른 콘크리트 강도가 상승하는 것을 각각 반영한 것이다.

콘크리트충진 각형강관 단면이 축력 N과 휨모멘트 M을 받을 때의 소성내력해석을 수행하고 기본가정은 다음과 같다.

(기본가정)

- a) 강관의 유효강도를 $e\sigma$ 로 한다.
- b) 압축을 받는 콘크리트의 유효강도를 $e f_c$ 로 한다. 인장강도는 0으로 한다.

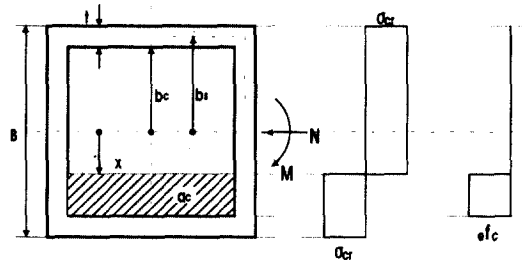


그림 11. 소성단면해석

그림 11과 같이 강관과 콘크리트의 응력분포를 가정하고 단면해석 하면, 모멘트-축력 상관식을 얻을 수 있다.

$$M = \frac{1}{4} \left\{ 3b_s \cdot N_s + b_c \left[N_c - \frac{(N_c - 2M)^2}{N_c + N_s} \right] \right\} \quad (7)$$

여기서, $b_s = \frac{1}{2}(B-t)$, $b_c = \frac{B}{2} - t$

$$N_s = A_s \cdot e\sigma, \quad N_c = A_c \cdot e f_c$$

5.2 제안식과 실험결과의 비교

제안식과 실험결과를 비교하여 표5에 나타내었다. 표에서 M_1 은 단면 해석을 통해 구한 전소성 모멘트로 세장비와 콘크리트의 구속효과를 고려하지 않은 휨내력이고 M_2 는 구속효과를 고려하여 강관과 충전콘크리트에 유효강도개념을 도입하여 구한 B. Kato의 제안식에 의한 휨내력이다.

표 5. 실험결과와 이론값과의 비교

실험체명	예측치 (t · m)		실험치 (t · m) Mu	$\frac{M_u}{M_1}$	$\frac{M_u}{M_2}$	$\frac{M_2}{M_1}$
	M1	M2				
A3N-0	2.89	2.95	3.02	1.04	1.02	1.02
A3N-1	3.03	3.15	2.88	0.95	0.92	1.04
A3N-3	3.00	3.25	2.18	0.73	0.67	1.08
B3N-0	2.71	3.81	4.42	1.63	1.16	1.41
B3N-1	2.87	3.98	4.01	1.40	1.01	1.39
B3N-3	2.69	3.95	3.62	1.35	0.92	1.47
C3N-0	3.36	5.91	6.74	2.01	1.14	1.75
C3N-1	3.49	6.02	5.48	1.57	0.91	1.72
C3N-3	3.13	5.84	6.11	1.95	1.05	1.87
A6N-0	2.89	2.95	2.81	0.97	0.95	1.02
A6N-1	3.03	3.14	3.06	1.01	0.97	1.04
A6N-3	3.00	-	-	-	-	-
B6N-0	2.71	3.81	3.74	1.38	0.98	1.41
B6N-1	2.87	3.98	3.85	1.34	0.97	1.39
B6N-3	2.69	3.95	3.19	1.18	0.81	1.47
C6N-0	3.36	5.91	6.46	1.92	1.09	1.76
C6N-1	3.49	6.02	6.80	1.95	1.13	1.72
C6N-3	3.13	5.85	6.18	1.97	1.06	1.87

M_1 : 구속효과를 고려하지 않은 휨내력

M_2 : 구속효과를 고려한 B. Kato 제안식의 휨내력

M_u/M_1 의 비는 A형 실험체의 경우, 0.73~1.04의 분포를 나타내지만, A3N-3 실험체가 안정적인 이력거동을 하지 않고, 조기에 실험을 종료하였다는 것을 감안하면, 그 비가 0.95~1.04가 되므로 거의 실험치와 단면해석을 통해 얻은 값은 거의 같다고 말할 수 있다. 하지만, B형 실험체는 1.18~1.63으로, C형 실험체는 1.57~2.01로 그 비가 증가하여 강관의 폭/두께비가 증가할수록 강관의 콘크리트에 대한 구속정도가 증가하는 것을 알 수 있다.

M_u/M_2 비는 A3N-3의 실험체를 제외하면, 0.91~1.16으로 전체적으로 실험치와 좋은 대응

을 나타내고 있다. 따라서 기존의 제안내력식에서 도입한 충전콘크리트의 강도의 상승으로 반영하는 유효강도개념은 강관의 폭/두께비 증가에 의한 구속효과 증가를 비교적 잘 반영하고 있는 것으로 판단된다.

6. 결론

콘크리트 충전 각형강관 보-기둥 실험을 통하여 다음과 같은 것을 알았다.

- 1) 강관 내부의 콘크리트의 충전효과로 인하여 소성힌지의 발생이 지연됨에 따라, 최대휨모멘트에 도달한 이후에 면외좌굴을 일으킨 축력비가 0.3인 일부 실험체를 제외하고는, 모든 실험체는 뛰어난 연성 거동과 안정된 이력 거동을 나타내었다.
- 2) 변형능력 R은 2.13~5.04%의 분포를 나타내었다. n=0인 실험체는 2.13~2.94%, n=0.1인 실험체는 2.18~5.06%, n=0.3인 실험체는 2.13~4.00%의 범위를 나타냈다.
- 3) AIJ와 AISC-LRFD 강도 규준식과 실험결과와의 비는 0.94~1.48과 1.19~2.16의 범위를 나타내었다. 실험치는 AIJ와 AISC-LRFD의 규준식을 상회하고, 세장비가 커질수록 이 비율은 더 커졌다. AISC-LRFD는 AIJ에 비하여 휨내력을 상대적으로 보다 과소 평가하고 있다.
- 4) 구속효과에 의한 콘크리트 강도의 상승을 고려하여 유효강도개념을 도입한 B. Kato의 제안식을 이용하여, 축력과 모멘트를 받는 콘크리트충전 각형강관 기둥의 휨내력을 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 말

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터(STRESS)의 후원과 포항제철(주)의 석좌교수 기금으로 수행한 연구입니다.

참 고 문 헌

- (1) Architectural Institute of Japan(AIJ), Recommendation for Design and Construction of Concrete Filled Steel Tubular Structures, 1997
- (2) American Institute of Steel Construction(AISC), Manual of Steel Construction, Load Resistance Fact or Design (LRFD), 2nd edition, 1994
- (3) 강구조편람 제 3권 "강구조건축물의 설계", 한국강구조학회, 1995
- (4) 유명찬, "콘크리트충전 각형강관 구조의 거동에 관한 연구", 한양대학교 박사학위논문, 1997. 6
- (5) 문태섭, 이승준, 강창훈, "Behavior of Concrete Filled Steel Tubular Beam-Column under Combined Axial and Lateral Forces", The Fifth Structural Steel Conference, Seoul, Korea, October 13-16, 1998
- (6) 문태섭 외 5명, "중심축압력을 받는 콘크리트 충전 각형강관 기둥의 거동", 대한건축학회 논문집, 제12권 8호, 대한건축학회, 1996. 8., pp.203~212
- (7) 문태섭 외 5명, "편심 축압력을 받는 고강도 콘크리트 충전 각형강관 기둥의 거동에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제12권 8호, 대한건축학회, 1996. 8., pp.213~222
- (8) 加藤 宏, 曲げと壓縮をうけるコンクリート充填鋼管柱の耐力, 日本建築學會構造系論文集, 第477號, 157- 166, 1995年 11月
- (9) James M. Ricles and Shannon D. Paboojian, "Seismic Performance of Steel-Encased Composite Columns", *J. Struct. Eng.*, ASCE, Vol.120, No.8., 1994
- (10) Mohammad Shams and M. Ala Saadeghvaziri, "State of the Art of Concrete-Filled Steel Tubular Columns", *ACI structural journal*, Sep.-Oct. 1997

(접수일자 : 2000년 5월 17일)